

Jan Perończyk¹

Politechnika Warszawska, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, al. Niepodległości 222, 00-663 Warszawa

Dionizy Biało²

Politechnika Warszawska, Wydział Mechatroniki, ul. św. A. Boboli 8, 02-525 Warszawa

WPŁYW ZAWARTOŚCI FAZY ZBROJĄCEJ Al_2O_3 I SiC W KOMPOZYTACH ALUMINIOWYCH NA PRZEBIEG I WYBRANE WSKAŹNIKI TECHNOLOGICZNE OBRÓBKI ELEKTROEROZYJNEJ (EDM)

Praca dotyczy problemów obróbki elektroerozyjnej (EDM) kompozytów o osnowie Al-20Si-3Cu-1Mg. Kompozyty wykonano metodą metalurgii proszków. Jako fazę umacniającą zastosowano cząstki Al_2O_3 i SiC w ilości 2,5+20% obj. Obróbką EDM drążono otwory o średnicy 0,5 mm w płytkach wyciętych z kompozytowych prętów. Efektywność obróbki oceniano według prędkości drążenia. Określano także chropowatość powierzchni wykonanych otworów.

Wykazano, że na przebieg obróbki EDM wpływa głównie energia wyładowań elektrycznych. Ze wzrostem energii wyładowań rośnie wydajność obróbki, wzrasta także chropowatość powierzchni obrabianych. Wydajność i prędkość drążenia materiałów kompozytowych zależy także od rodzaju materiału fazy umacniającej i jej ilości w kompozycie. Ze wzrostem udziału tej fazy w kompozycie prędkość drążenia zmniejsza się. Kompozyty z fazą Al_2O_3 obrabiają się trudniej niż z fazą SiC, co wiąże się z różną przewodnością elektryczną obu materiałów, ich różną przewodnością cieplną i zróżnicowaną temperaturą topnienia.

Słowa kluczowe: materiały kompozytowe aluminiowe, obróbka elektroerozyjna EDM, prędkość drążenia, gładkość powierzchni

INFLUENCE OF Al_2O_3 AND SiC REINFORCEMENTS IN ALUMINIUM MATRIX COMPOSITES ON ITS ELECTRODISCHARGE MACHINING (EDM)

The paper deals with the problems of the electrodischarge machining (EDM) of the composites with Al-20Si-3Cu-1Mg matrix. As the reinforcing phase Al_2O_3 and SiC particles with 2.5+20% volume fraction were used (Table 1). During EDM, holes with 0.5 mm diameter were drilled in plates cutted from composite bars. Average drilling speed v_{sr} and surface roughness R_a were determined. It was presented that energy of the single discharge is the main parameter influencing on EDM process. The higher is energy of the single discharge, the higher is process productivity (Figs. 2 and 3) and the higher is surface roughness of the holes (Figs. 5 and 6). The influence of material and volume fraction of the reinforcing phase in composite on drillingspeed was also noted. When volume fraction of this phase increases, drilling speed decreases (Fig. 4).

EDM process of the composites with Al_2O_3 reinforcement is more difficult then composites with SiC reinforcement because of different thermal conductivity, different electrical resistivity and different melting temperature of these two ceramic materials.

Key words: metal matrix composites, electromachining EDM, drilling speed, surface roughness

WPROWADZENIE

W pracy [1] zwrócono uwagę na trudności związane z obróbką skrawaniem materiałów kompozytowych. Wykazano, że obecność w osnowie twardych, ceramicznych cząstek powoduje intensywne zużywanie narzędzi skrawających. Podkreślono, że obróbka elektroerozyjna (EDM) stanowi alternatywny sposób kształtowania powierzchni elementów z metalowych materiałów kompozytowych. Ma to szczególne znaczenie w przypadku miniaturyzacji wyrobów [2], gdzie często występuje problem wykonania wąskich szczelin i otworów o małych przekrojach, otworów kształtowych:

owalnych, wielokątnych itd. W ostatnich latach pojawiła

się tzw. mikroelektroerozyjna obróbka zwana Micro-EDM lub MEDM. Jest ona wykorzystywana m.in. do wytwarzania ciągadeł do drutu (często o różnym kształcie w przekroju poprzecznym), otworów w tłoczkach i cylindkach zaworów sterujących w układach hydraulicznych i pneumatycznych, dysz do drukarek atramentowych, dysz w aparaturze dozującej środki owadobójcze w aparaturze do opryskiwań lotniczych, dysz w aparaturze dozującej medycznej, aparaturze naukowej, kosmicznej i często w aparaturze optycznej.

¹ mgr inż., ² dr inż.

MEDM stosowane bywa również do wytwarzania fotomasek w poligrafii [3-5].

Prezentowana praca dotyczy obróbki Micro-EDM w zastosowaniu do drążenia mikrootworów w kompozytach o osnowie stopu Al zbrojonych cząstkami Al₂O₃ i SiC.

MATERIAŁY KOMPOZYTOWE

Do badań procesu Micro-EDM zastosowano kompozyty wytworzone metodą metalurgii proszków.

Na osnowę kompozytów zastosowano rozpylany proszek japońskiej firmy Showa Denko o składzie: Al+20%Si+3%Cu+1%Mg. Jako fazę umacniającą zastosowano cząstki Al₂O₃ o średnim rozmiarze 6 μm i cząstki SiC o średnim rozmiarze 7 μm. Udział objętościowy cząstek w kompozytach wynosił: 2,5; 5; 10 i 20%. Składy kompozytów podano w tabeli 1.

TABELA 1. Oznaczenie, składy i twardości materiałów kompozytowych

TABLE 1. Code, composition and hardness of composite materials

Oznaczenie materiału	Osnowa	Faza zbrojąca		Twardość HRB
		Al ₂ O ₃ %	SiC %	
M	Al+20%Si+3%Cu+1%Mg	-	-	77,1
MC1		2,5	-	81,8
MC2		5	-	83,0
MC3		10	-	88,1
MC4		20	-	94,6
MC5		-	2,5	83,2
MC6		-	5	84,1
MC7		-	10	89,7

Proces wytwarzania kompozytów obejmował: mieszanie odważonych porcji proszku osnowy i fazy zbrojącej, prasowanie wstępne kształtek na zimno, grzanie kształtek połączone z odgazowaniem i wyciskanie na gorąco w temperaturze 400°C przy redukcji 20:1.

Na rysunku 1 pokazano wybrane mikrostruktury materiałów: rys. 1a przedstawia osnowę kompozytów M z równomiernie rozłożonymi drobnymi kryształami krzemu; rys. 1b dotyczy kompozytu z 10% zawartością fazy zbrojącej SiC (ciemne pola). Jak widać, proces wytwarzania materiałów zapewniał pełne, 100% zagęszczenie.

DRAŻENIE ELEKTROEROZYJNE MINIOTWORÓW

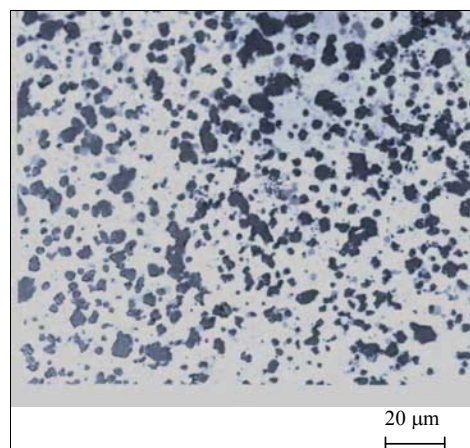
Drążenie przeprowadzono na obrabiarkę produkcji polskiej EDEA-25 wyposażonej w generator zasobnikowy typu RLC. Jako dielektryk zastosowano naftę kos-

metyczną. W próbkach płaskich o grubości 3 mm drążono otwory przelotowe elektrodą o średnicy 0,49 mm, wykonaną z miedzi M1E. Obróbce poddano próbki wykonane z materiału osnowy i kompozytów zbrojonych cząstkami Al₂O₃ i SiC o różnych objętościowych zawartościach. Parametry elektryczne EDM zestawiono w tabeli 2.

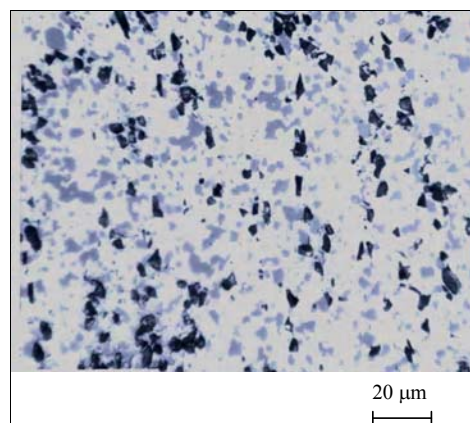
TABELA 2. Parametry obróbki stosowane w badaniach
TABLE 2. Parameters of the EDM process

Stopień obróbki	R Ω	C μF	L μH	W _k x10 ⁻³ J
1	168	96	16	1,825
2	170	44	16	0,837
3	215	22	5	0,418
4	375	10,2	5	0,194
5	820	2,7	5	0,051

a)



b)



Rys. 1. Zgłady metalograficzne materiału osnowy M (a) i kompozytu MC7 zawierającego 10% cząstek SiC (b)

Fig. 1. Microstructure of the matrix material (a) and composite materials MC7 with 10% SiC reinforcing particles (b)

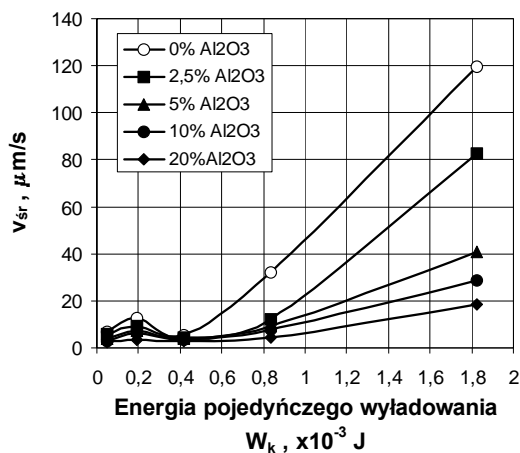
W obróbce EDM mikrootworów wskaźnikiem najlepiej charakteryzującym wydajność procesu jest prędkość

drażenia (średnia), podawana zwykle w $\mu\text{m/s}$, którą można łatwo i dokładnie określić.

W prezentowanych badaniach określano także chropowatość powierzchni drażonych miniotworów. W tym celu wykonywano profilogramy powierzchni za pomocą profilografu Talysurf-4. W pracy zamieszczono tylko wyniki zmian parametru chropowatości R_a .

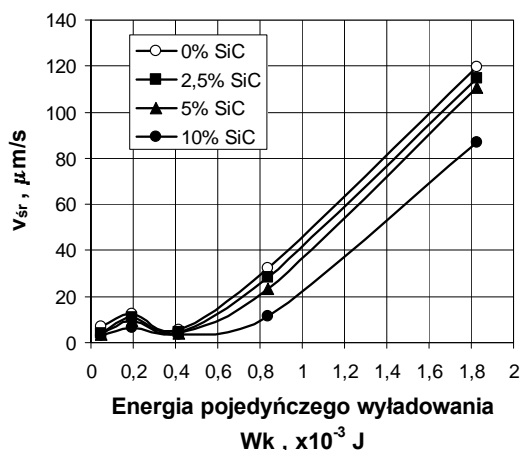
WYNIKI BADAŃ I WNIOSKI

Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono wyniki badań zależności prędkości drażenia od energii pojedynczego wyładowania dla badanych kompozytów i materiału osnowy M.



Rys. 2. Zależność prędkości drażenia v_{sr} od energii pojedynczego wyładowania W_k dla kompozytów o różnej zawartości Al_2O_3

Fig. 2. The relationship between average drilling speed v_{sr} and energy of single discharge W_k for the composite with various Al_2O_3 contain

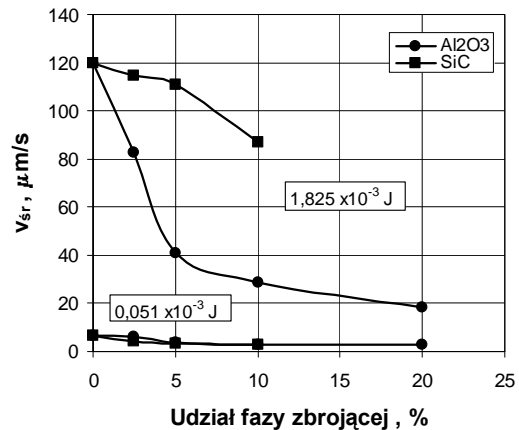


Rys. 3. Zależność prędkości drażenia v_{sr} od energii pojedynczego wyładowania W_k dla kompozytów o różnej zawartości SiC

Fig. 3. The relationship between average drilling speed v_{sr} and energy of single discharge W_k for the composite with various SiC contain

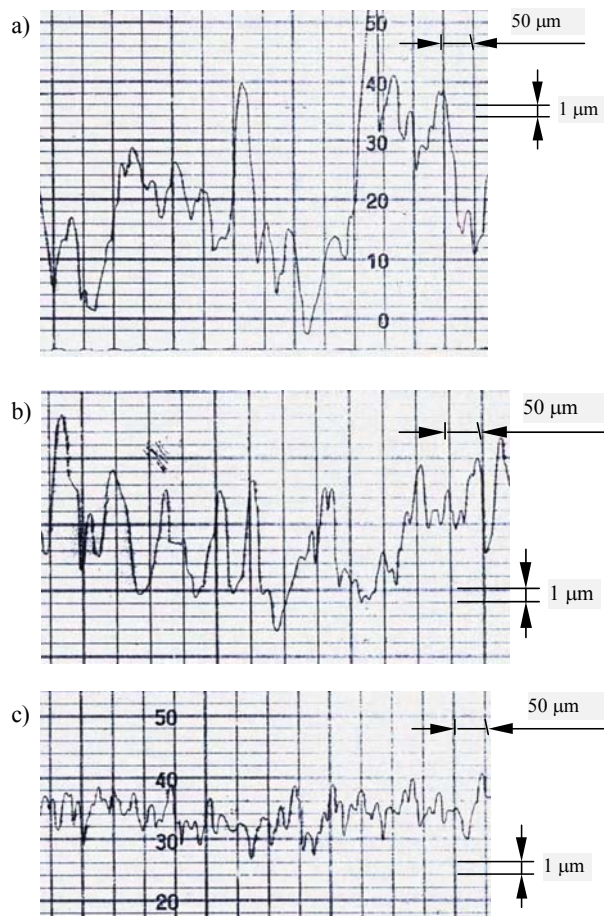
Z rysunków wynika, że średnia prędkość drażenia v_{sr} silnie zależy od energii pojedynczego wyładowania W_k .

Wyróżnić jednak należy pewną progową wartość W_k , wynoszącą około $0,4 \cdot 10^{-3} \text{ J}$, powyżej której ta zależność występuje. Wyładowania o mniejszej energii nie powinny być stosowane w obróbce kompozytów aluminiowych z uwagi na niewielką wydajność procesu.



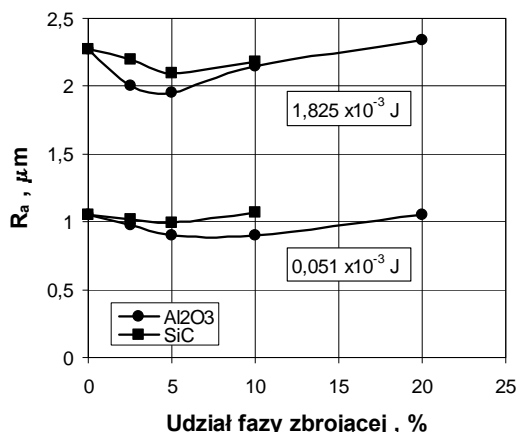
Rys. 4. Zależność prędkości drażenia kompozytów v_{sr} od zawartości fazy zbrojącej dla dwóch wybranych energii wyładowań

Fig. 4. Dependence of the drilling speed v_{sr} and volume fraction of the reinforced phase for two energy of single discharge



Rys. 5. Profilogramy chropowatości powierzchni obrabianych elektroerozyjnie kompozytów z 10% zawartością Al_2O_3 przy energii wyładowań: a) $-1,825 \cdot 10^{-3} \text{ J}$, b) $-0,418 \cdot 10^{-3} \text{ J}$, c) $-0,051 \cdot 10^{-3} \text{ J}$

Fig. 5. Surface roughness profilograms of the composite with 10% Al_2O_3 particles after EDM process at the discharge energy: a) $-1,825 \cdot 10^{-3}$ J, b) $-0,418 \cdot 10^{-3}$ J, c) $-0,051 \cdot 10^{-3}$ J



Rys. 6. Zależność parametru chropowatości R_a od zawartości fazy zbrojącej w kompozytach dla dwóch wybranych wartości energii

Fig. 6. Dependence of the roughness parameter R_a and volume fraction of the reinforced phase in composites for two energy of single discharge

Prędkość drążenia zależy także od zawartości fazy zbrojącej (rys. 4). Ze wzrostem zawartości cząstek ceramicznego zbrojenia prędkość obróbki EDM obniża się. Kompozyty z fazą Al_2O_3 obrabiają się trudniej niż z fazą SiC , co ma ścisły związek z różnymi ich właściwościami fizycznymi, a przede wszystkim z różną przewodnością cieplną i elektryczną. Faza Al_2O_3 ma właściwości elektryczne izolatora, a faza SiC ma przewodność elektryczną zbliżoną do półprzewodnika.

Na rysunku 5 porównano profilogramy chropowatości powierzchni drążonych otworów w kompozycie z 10% zawartością cząstek Al_2O_3 . Profilogramy dotyczą obróbki przy trzech wybranych wartościach energii wyładowań W_k . Jak widać, wzrost W_k powoduje wzrost

wysokości chropowatości. Jest to zjawisko typowe dla tej obróbki, także w przypadku obróbki materiałów tradycyjnych, bardziej jednorodnych niż kompozyty.

Wybrane wyniki pomiaru parametru R_a przedstawiono na rysunku 6. Dotyczą one obróbki przy skrajnych wartościach energii pojedynczego wyładowania. Wartość tego parametru chropowatości, podobnie jak innych np. R_z i R_p , rośnie ze wzrostem wartości W_k . Z uzyskanych wyników badań nie udało się określić jednoznacznie wpływu rodzaju i ilości fazy zbrojącej na chropowatość powierzchni obrabianych kompozytów.

LITERATURA

- [1] Perończyk J., Biało D., Wybrane problemy obróbki elektroerozyjnej kompozytów aluminiowych, Kompozyty 2001, 1, 2, 211-214.
- [2] Masaki T., Kawaka K., Sato., Mizutani T., Yonemoli K., Shibuyo A., Mazuzawa T., Micro Electro-Discharge Machining, Proc. of IX Int. Symp. for Electro-Machining (ISEM-9), Nagoya 1989, 26-30.
- [3] Yeo S.H., Yap G.G., A Feasibility Study on the Micro Electro-Discharge Machining Process for Photomask Fabrication, The International Journal of Advanced Manufacturing Fabrication 2001, 18, 7-11.
- [4] Oczos K. E., Obróbka otworów - osiągnięcia w zakresie drążenia elektroerozyjnego, Mechanik 1997, 7, 325-333.
- [5] Perończyk J., Elektroerozyjne drążenie mikrootworów o różnych kształtach w przekroju poprzecznym - wybrane problemy, Materiały Szkoły Naukowej Obróbki Elektroerozyjnej 2001, z. 5.

Recenzent
Kazimierz Puciłowski